

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-102355

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/306  
H01L 21/203  
H01L 21/205  
H01L 21/304  
H01S 5/223  
H01S 5/227

(21)Application number : 2000-224785

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 26.07.2000

(72)Inventor : OBAYASHI TAKESHI  
YAGI HISAHARU  
HIRUKAWA SHUICHI

(30)Priority

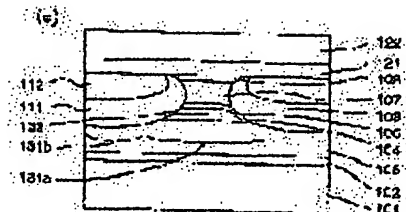
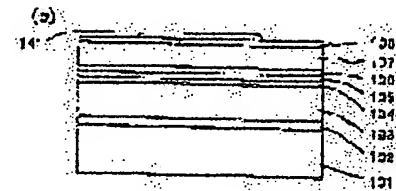
Priority number : 11211407 Priority date : 26.07.1999 Priority country : JP

## (54) METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR LAMINATE, SEMICONDUCTOR, AND LASER AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a semiconductor laser device of superior characteristics restraining Al contained in the side of a mesa stripe from be oxidized in the semiconductor laser of BH structure.

SOLUTION: A mesa stripe 131a is composed of, at least a first conductivity-type first clad layer 103, an active region, and a second conductivity-type second clad layer 107, both the sides of the mesa stripe 131a are subjected to surface treatment by the use of a buffered hydrofluoric acid to remove an oxide film or impurities. A current block layer of satisfactory crystallinity is obtained through a vapor growth method. This method can be applied to the formation of a semiconductor layer whose Al ratio is 0.4 or smaller.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-102355  
(P2001-102355A)

(43) 公開日 平成13年4月13日 (2001.4.13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/306		H 0 1 L 21/203	M
21/203		21/205	
21/205		21/304	6 4 7 Z
21/304	6 4 7	H 0 1 S 5/223	
H 0 1 S 5/223		5/227	
審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 19 頁) 最終頁に続く			

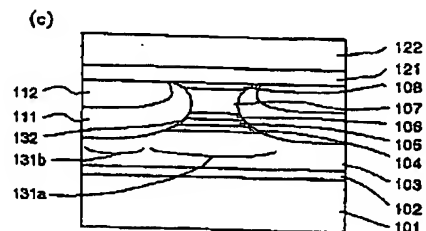
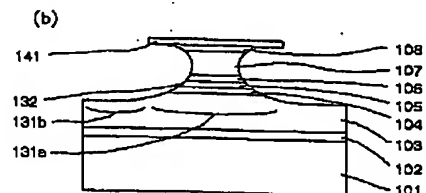
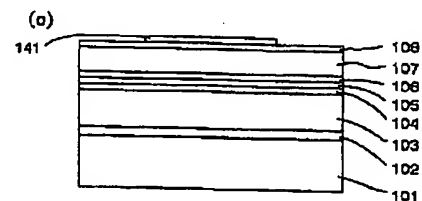
(21) 出願番号	特願2000-224785(P2000-224785)	(71) 出願人	000005049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(22) 出願日	平成12年7月26日 (2000.7.26)	(72) 発明者	大林 健 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ ャープ株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-211407	(72) 発明者	八木 久晴 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ ャープ株式会社内
(32) 優先日	平成11年7月26日 (1999.7.26)	(72) 発明者	涇川 秀一 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ ャープ株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	100102277 弁理士 佐々木 晴康 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体積層体の製造方法、半導体レーザ装置、およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 B H構造等の半導体レーザ装置において、メサストライプ部側面でのA lの酸化を抑えて良好な特性を得る。

【解決手段】 少なくとも第1導電型の第1クラッド層103、活性領域および第2導電型の第2クラッド層107からなるメサストライプ部131aに電流ブロック層111、112を再成長する前に、メサストライプ部131aの両側面をバッファードフッ酸で表面処理して酸化膜や不純物を除去する。気相成長法により、良好な結晶性を有する電流ブロック層が得られる。A l混晶比が0.4以下の半導体層についても適用可能である。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 A1 を含む材料が一部または全部に現れている半導体の表面を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合した溶液により表面処理する工程を含む半導体積層体の製造方法。

【請求項 2】 前記 A1 を含む材料として A1 の混晶比が 0.4 以下である材料を用いる請求項 1 に記載の半導体積層体の製造方法。

【請求項 3】 前記表面処理工程の後、該表面上に半導体層を形成する工程を含む請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体積層体の製造方法。

【請求項 4】 基板上に、少なくとも第 1 導電型の第 1 クラッド層、活性領域および第 2 導電型の第 2 クラッド層からなり、該第 1 クラッド層、該活性領域および該第 2 クラッド層の少なくともいずれかに A1 を含む部分を有する積層構造を形成する工程と、該積層構造の全部、または第 1 クラッド層の基板側の一部を除いた部分をエッチングによりメサストライプ状に形成する工程と、メサストライプ部の両側面を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合した溶液により表面処理する工程と、該メサストライプ部の両側に、電流ブロック層を形成する工程とを含む半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 5】 前記メサストライプ部は、表面の一部または全部に A1 混晶比 0.4 以下の A1 を含む材料が表れている請求項 4 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 6】 前記電流ブロック層を気相成長法により形成する請求項 4 または請求項 5 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 7】 前記活性領域は、少なくとも井戸層とバリア層からなる量子井戸構造を有するように形成し、該井戸層の A1 混晶比を 0.2 以下とする請求項 4 乃至請求項 6 のいずれかに記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 8】 前記活性領域は、A1 を含まない材料を用いて形成する請求項 4 乃至請求項 6 のいずれかに記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 9】 前記メサストライプ部の両側面は、前記活性領域および前記クラッド層の少なくとも活性領域近傍部分が、(1mn) B 面 (l, m, n は 0 を除く整数) からなる結晶面方位を有するように形成する請求項 4 乃至請求項 8 のいずれかに記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 10】 基板上に、少なくとも第 1 導電型の第 1 クラッド層、活性領域および第 2 導電型の第 2 クラッド層からなり、該第 2 クラッド層内に A1 を含む部分を有する積層構造を形成する工程と、該積層構造を第 2 クラッド層の途中までエッチングしメサストライプ状に形成する工程と、

メサストライプ部の両側面、および、両側の底面を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合した溶液により表面処理する工程と、を少なくとも含む半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 11】 前記表面処理工程の後、前記メサストライプ部の両側に、電流ブロック層を形成する工程と、前記メサストライプ部の頂部は A1 を含む部分が露出するようにし、続いて A1 が露出したメサストライプ部の頂部を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液を用いて表面処理する工程と、その上に半導体層を形成する工程とを少なくとも含む請求項 10 に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 12】 半導体基板上に、少なくとも第 1 導電型の第 1 クラッド層、活性領域、第 2 導電型の第 2 クラッド層からなり、該第 2 クラッド層内に A1 を含む部分を有する積層構造が形成され、該積層構造は第 2 クラッド層の途中までエッチングされて、頂部において A1 が露出したメサストライプ状に形成され、メサストライプ状の該積層構造の両側に電流ブロック層が形成された半導体レーザ装置。

【請求項 13】 上記メサストライプ上に第 3 クラッド層が形成されたことを特徴とする請求項 12 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 14】 半導体基板上に、少なくとも第 1 導電型の第 1 クラッド層、活性領域および第 2 導電型の第 2 クラッド層、エッチングストップ層、電流ブロック層からなり、該エッチングストップ層に A1 を含む部分を有する積層構造を形成する工程と、電流ブロック層の途中までエッチングしストライプ溝を形成する工程と、ストライプ溝の底面のエッチングストップ層を少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液を用いて表面処理する工程と、ストライプ溝の上に第 2 導電型の第 3 クラッド層を形成する工程とを少なくとも含む半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 15】 半導体基板上に、少なくとも 1 層から構成され、且つ、いずれかの層に A1 を含む部分を有する積層構造を形成する工程と、該積層構造を A1 を含んだ層の一部または全体が露出するように回折格子を形成する工程と、該回折格子表面を少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液を用いて表面処理する工程と、該回折格子上に半導体層を形成する工程とを少なくとも含む半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 16】 半導体基板上に少なくとも、第 1 クラッド層、活性領域、第 2 クラッド層からなり、該第 1 クラッド層、該活性領域、該第 2 クラッド層の少なくとも

いずれかにAlを含む部分を有する積層構造にて構成される半導体レーザの光出射端面に保護膜を形成する工程において、

保護膜を形成する前に該光出射端面を、フッ化水素酸、もしくは、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液を用いて表面処理することとを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、通信用や光ディスク用等に用いられる低消費電力で高信頼性を有する半導体レーザ装置の製造方法、および半導体レーザ装置や発光ダイオード等の発光素子、フォトダイオード等の受光素子、光変調器や光導波路等、その他の光素子およびこれらの光素子を組み合わせた光集積回路等の製造に好適に用いられる半導体積層体の製造方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】各種半導体レーザ素子の中で、埋め込みヘテロ構造 (Buried Heterostructure: BH構造) 半導体レーザ装置は、その構造上レーザ発振に寄与しない無効電流を少なくでき、低消費電力が求められる半導体レーザ装置として検討されている。BH構造半導体レーザ装置は、通常、作製時に活性領域を一旦大気にさらすため、酸化しやすいAlを含まないInGaAsP系にて主に実用化がすすめられてきた。しかし、AlGaAs系においても、実用化のための試みがなされている。

【0003】その一例として、Electronics Letters Vol. 28 p154 (1992)に開示されているBH構造半導体レーザ装置を図5に示す。この半導体レーザ素子は、以下のようにして作製される。まずn-GaAs基板501上にn-GaAsバッファ層502 (層厚1.0 $\mu$ m)、n-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As第1クラッド層503 (層厚1.0 $\mu$ m)、Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>AsからGaAsまでIII族混晶比を徐々に変化させた第1光ガイド層504 (層厚0.1 $\mu$ m)、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As井戸層 (層厚10nm、3層)とGaAsバリア層 (層厚20nm、4層)を交互に配置してなる多重量子井戸活性層505、GaAsからAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>AsまでIII族混晶比を徐々に変化させた第2光ガイド層506 (層厚0.1 $\mu$ m)、p-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As第2クラッド層507 (層厚1.0 $\mu$ m)を順次結晶成長させる。次に絶縁膜 (図示せず)を積層し、メサストライプ部を形成する部分にレジストマスク (図示せず)を写真工程により作製する。その後、レジストマスクで覆われていない部分の絶縁膜を取り除き、さらにレジストマスクを除去して、ストライプ状の絶縁膜マスクを得る。

【0004】次に、絶縁膜マスクが存在しない部分をバッファ層502の途中までエッチングし、メサストライプ部531aを形成する。続いて該メサストライプ部531a両側に、p-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As第1ブロック層511 (層厚1.0 $\mu$ m)、n-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As第2ブロック層512 (層厚1.5 $\mu$ m)を順次結晶成長させ、光・電流狭窄領域を形成する。そ

の後絶縁膜マスクを取り除き、半導体レーザ装置が完成する。

【0005】この半導体レーザ装置の製造においては、エッチング後に、メサストライプ側面532に存在するAlが酸化される。このため、気相成長法などで光・電流狭窄領域の成長を行うと、該メサストライプ側面でAlの酸化物などに起因した成長不良を起こし、レーザ特性の劣化が生じる。本技術では上記光・電流狭窄領域の結晶成長を液相成長法によって行っている。このため、メルトバックによって該メサストライプ側面の酸化物などが除去され、清浄な側面を得つつ上記光・電流狭窄領域を結晶成長させることができる。その結果、良好な特性をもつ半導体レーザ装置を作製することができる。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の液相成長法をもちいたBH構造半導体レーザ装置の製造方法には以下のような問題点がある。

【0007】(1) 液相成長法で成長する電流ブロック層は層厚の制御性、面内均一性が悪い。

【0008】(2) 液相成長法は高温で成長するため、各層のドーパントの拡散が大きい。

【0009】(3) 液相成長法でのメルトバック量の制御が困難なため、メサストライプの幅が成長ロット間や成長ロットの面内でばらつく。

【0010】(4) 液相成長用の成長装置では一度に多数枚の成長ができず、量産性が低い。

【0011】これに対して、電流ブロック層の成長を有機金属気相成長法、分子線エピタキシー法などの気相成長法に行った場合はこれらの問題点は発生しない。しかし、エッチング時に酸化したメサストライプ部側面532はそのままの状態で作成長を行うことになるため、再成長界面の結晶性不良が生じて高い信頼性を得ることができない。

【0012】本発明は、このような従来技術の課題を解決するためになされたものであり、Alを含む表面の酸化を抑えて良好な状態の半導体積層体を作製することができる半導体積層体の製造方法、およびメサストライプ部側面でのAlの酸化を抑えて良好な特性の半導体レーザ装置を作製することができる半導体レーザ装置の製造方法を提供することを目的とする。

##### 【0013】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体積層体の製造方法は、Alを含む材料が一部または全部に現れている半導体の表面を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合した溶液により表面処理する工程を含むことによって、上記の目的を達成する。

【0014】この発明に係る半導体積層体の製造方法は、前記Alを含む材料としてAlの混晶比が0.4以下である材料を用いることによって、上記の目的を達成する。

【0015】この発明に係る半導体積層体の製造方法は、前記表面処理工程の後、該表面上に半導体層を形成する工程を含むことによって、上記の目的を達成する。

【0016】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、基板上に、少なくとも第1導電型の第1クラッド層、活性領域および第2導電型の第2クラッド層からなり、該第1クラッド層、該活性領域および該第2クラッド層の少なくともいずれかにA1を含む部分を有する積層構造を形成する工程と、該積層構造の全部、または第1クラッド層の基板側の一部を除いた部分をエッチングによりメサストライプ状に形成する工程と、メサストライプ部の両側面を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合した溶液により表面処理する工程と、該メサストライプ部の両側に、電流ブロック層を形成する工程とを含むことによって、上記の目的を達成する。

【0017】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、前記メサストライプ部が、表面の一部または全部にA1混晶比0.4以下のA1を含む材料が表れていることによって、上記の目的を達成する。

【0018】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、前記電流ブロック層を気相成長法により形成することによって、上記の目的を達成する。

【0019】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、前記活性領域が、少なくとも井戸層とバリア層からなる量子井戸構造を有するように形成し、該井戸層のA1混晶比を0.2以下とすることによって、上記の目的を達成する。

【0020】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、前記活性領域が、A1を含まない材料を用いて形成することによって、上記の目的を達成する。

【0021】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、前記メサストライプ部の両側面は、前記活性領域および前記クラッド層の少なくとも活性領域近傍部分が、 $(lmn)$  B面 ( $l, m, n$ は0を除く整数) からなる結晶面方位を有するように形成することによって、上記の目的を達成する。

【0022】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、基板上に、少なくとも第1導電型の第1クラッド層、活性領域および第2導電型の第2クラッド層からなり、該第2クラッド層内にA1を含む部分を有する積層構造を形成する工程と、該積層構造を第2クラッド層の途中までエッチングしメサストライプ状に形成する工程と、メサストライプ部の両側面、および、両側の底面を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合した溶液により表面処理する工程と、を少なくとも含むことによって、上記の目的を達成する。

【0023】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、前記表面処理工程の後、前記メサストライプ部の両側に、電流ブロック層を形成する工程と、前記メサス

トライブ部の頂部はA1を含む部分が露出するようにし、続いてA1が露出したメサストライプ部の頂部を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液を用いて表面処理する工程と、その上に半導体層を形成する工程と、を少なくとも含むことによって、上記の目的を達成する。

【0024】この発明に係る半導体レーザ装置は、半導体基板上に、少なくとも第1導電型の第1クラッド層、活性領域、第2導電型の第2クラッド層からなり、該第2クラッド層内にA1を含む部分を有する積層構造が形成され、該積層構造は第2クラッド層の途中までエッチングされて、頂部においてA1が露出したメサストライプ状に形成され、メサストライプ状の該積層構造の両側に電流ブロック層が形成されたことによって、上記の目的を達成する。

【0025】この発明に係る半導体レーザ装置は、上記メサストライプ上に第3クラッド層が形成されたことによって、上記の目的を達成する。

【0026】この発明に係る半導体レーザ装置は、半導体基板上に、少なくとも第1導電型の第1クラッド層、活性領域および第2導電型の第2クラッド層、エッチングストップ層、電流ブロック層からなり、該エッチングストップ層にA1を含む部分を有する積層構造を形成する工程と、電流ブロック層の途中までエッチングしストライプ溝を形成する工程と、ストライプ溝の底面のエッチングストップ層を少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液を用いて表面処理する工程と、ストライプ溝の上に第2導電型の第3クラッド層を形成する工程と、を少なくとも含むことによって、上記の目的を達成する。

【0027】この発明に係る半導体レーザ装置は、半導体基板上に、少なくとも1層から構成され、且つ、いずれかの層にA1を含む部分を有する積層構造を形成する工程と、該積層構造をA1を含んだ層の一部または全体が露出するように回折格子を形成する工程と、該回折格子表面を少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液を用いて表面処理する工程と、該回折格子上に半導体層を形成する工程と、を少なくとも含むことによって上記の目的を達成する。

【0028】この発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は、半導体基板上に少なくとも、第1クラッド層、活性領域、第2クラッド層からなり、該第1クラッド層、該活性領域、該第2クラッド層の少なくともいずれかにA1を含む部分を有する積層構造にて構成される半導体レーザの光出射端面に保護膜を形成する工程において、保護膜を形成する前に該光出射端面を、フッ化水素酸、もしくは、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液を用いて表面処理することによって、上記の目的を達成する。

【0029】以下、本発明の作用について説明する。

【0030】本発明の半導体積層体の製造方法にあっては、Alを含む材料が一部または全部に現れている半導体積層体の表面を、少なくともフッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合した溶液（以後、バッファードフッ酸と称する）を用いて表面処理することにより酸化膜を除去して清浄化することが可能である。よって、表面処理工程後にその表面に半導体層を成長させると、良好な状態の結晶が得られる。このバッファードフッ酸は、Al混晶比が0.4以下の材料に対しても表面清浄化処理を行うことが可能である。

【0031】本発明の半導体レーザ装置の製造方法、または半導体レーザ装置にあっては、メサストライプ状部分の両側に電流ブロック層を有し、そのメサストライプ部分を構成する第1クラッド層、活性領域および第2クラッド層の少なくともいずれかにAlを含む部分を有する半導体レーザ装置の製造において、電流ブロック層の形成前に、メサストライプ部の両側面をバッファードフッ酸を用いて表面処理することにより酸化膜を除去して清浄化することが可能である。よって、表面処理工程後にメサストライプ部の両側に電流ブロック層を成長させると、再成長界面での結晶不良が生じない。このバッファードフッ酸は、メサストライプ部表面の一部または全部にAl混晶比0.4以下のAlを含む材料が現れていても表面清浄化処理を行うことが可能である。

【0032】このように、バッファードフッ酸を用いて酸化膜を除去することにより、上記電流ブロック層を気相成長により形成することができるので、従来技術のような液相成長による問題点は生じない。

【0033】上記活性領域が少なくとも井戸層とバリア層からなる量子井戸構造である場合、井戸層のAl混晶比を0.2以下とすれば、活性領域の酸化を十分抑えることができるので好ましい。さらに、バッファードフッ酸により活性領域側面の酸化膜を除去して清浄化することが可能である。

【0034】或は、上記活性領域がAlを含まない材料からなる場合、活性領域側面での酸化を殆ど抑えることができるので好ましい。この場合、バッファードフッ酸は酸化膜以外の不純物をも除去可能であるので、Alを含む半導体層およびAlを含まない半導体層の両方に対して、清浄化処理を行うことが可能である。これは、バッファードフッ酸がAlの混晶比の大小に関わらず半導体表面をエッチングする能力があるためである。

【0035】III-V族半導体層において、(lmn)B面はIII族元素よりもV族元素が多い状態で終端する面であるので、この表面に現れる元素はV族元素が主体となり、III族元素であるAlの露出が低減される。よって、上記メサストライプ部の両側面を、活性領域およびクラッド層の少なくとも活性領域近傍部分が(lmn)B面(l, m, nは0を除く整数)からなる結晶面方位を有するように形成することにより、その側

面でのAlの露出を低減して酸化膜の形成を抑制することが可能である。

【0036】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施形態について、図面を参照しながら、説明する。

【0037】（実施形態1）図1（C）は本発明にかかる半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。この半導体レーザ装置は、第1導電型の半導体基板101の表面に、第1導電型のバッファ層102、第1導電型の第1クラッド層103、活性領域、第2導電型の第2クラッド層107が積層されている。その積層構造は、中央でくびれたメサストライプ形状を有し、活性領域および該クラッド層の少なくとも活性領域近傍部分の側面132が、(lmn)B面(l, m, nは0を除く整数)からなる結晶方位を有している。そのストライプ部131aの両側131bは、第1導電型の第1電流ブロック層111、および第2導電型の第2電流ブロック層112で埋め込まれている。活性領域は第1光ガイド層104と多重量子井戸活性層105と第2光ガイド層106により構成されている。

【0038】この半導体レーザ装置は、以下のようにして作製することができる。

【0039】まず、図1（a）に示すように、(100)面を有するn-GaAs基板101上に、n-GaAsバッファ層102（層厚0.5μm）、n-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As第1クラッド層103（層厚2.0μm）、GaAs第1光ガイド層104（層厚15nm）、Ga<sub>0.7</sub>In<sub>0.3</sub>N<sub>0.01</sub>As<sub>0.99</sub>井戸層（層厚7nm、3層）とGaAsバリア層（層厚5nm、2層）を交互に積層した多重量子井戸活性層105、GaAs第2光ガイド層106（層厚15nm）、p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As第2クラッド層107（層厚1.0μm）、およびp-GaAs保護層108（層厚20nm）を分子線エピタキシー法にて順次結晶成長させる。その上にSiO<sub>2</sub>等からなる絶縁膜を積層し、メサストライプ部を形成する部分にレジストマスクをストライプ方向が(011)方向となるように写真工程により作製する。その後、レジストマスク下以外の絶縁膜を取り除き、さらにレジストマスクを除去して、ストライプ状の絶縁膜マスク141を形成する。

【0040】次に、図1（b）に示すように、絶縁膜マスク141を用いてエッチングを行い、中央でくびれ、かつ活性領域側面およびクラッド層の少なくとも活性領域近傍の側面132が、そのくびれよりも下側に位置するように、メサストライプ部131aを形成する。このときのエッチングは、クエン酸と過酸化水素水の混合水溶液を用い、第1クラッド層103の途中まで行い、エッチングの深さは約2μmで、メサストライプ部131aの幅は活性領域で約1.5μmである。これにより、メサストライプ内の活性領域およびその近傍の側面132は、(111)B面に近い結晶面方位を有して形成される。このエッチング後、純水にて約10分間洗浄する。

【0041】続いて、該メサストライプ部131a側面およびメサストライプ部両側131bに対して、バッファードフッ酸を用いて表面の清浄化処理を施す。ここでは例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:40で混合した溶液を用いる。この処理は、20℃にて約3分間行い、その後、純水にて約10分間洗浄する。

【0042】その後、図1(C)に示すように、メサストライプ部131aの両側131bにその側面を埋め込むように、p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As第1電流ブロック層111(層厚1.0μm)、およびn-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As第2電流ブロック層112(層厚1.0μm)を有機金属気相成長法により順次結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。その後、フッ化水素酸にて絶縁膜マスク141を取り除き、メサストライプ部131a上およびその両側131b上にわたって全面にp-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As第3クラッド層121(層厚1.0μm)、およびp-GaAsキャップ層122(層厚2.0μm)を順次積層する。以上により本実施形態の半導体レーザ装置が作製される。

【0043】このように、本実施形態では、再成長前にバッファードフッ酸によりクラッド層および活性領域の側面を表面処理しているので、界面の不良による転位の発生を低減して信頼性を向上させることができる。

【0044】なお、本実施形態において、メサストライプの両側131bについても表面の清浄化処理を行っているのは以下の理由からである。メサストライプ部の両側面が清浄化処理されていれば、上述したように十分大きな効果が得られる。しかし、メサストライプの両側131bに酸化物や不純物等が残存していると、その異物上に電流ブロック層が成長しない場合がある。そして、

このように部分的に電流ブロック層が成長しない領域が存在すると、電流ブロック機能が低下し、無効な電流が流れて動作電流が上昇してしまうことがある。よって、本実施形態のようにメサストライプの両側131bについても、表面処理を行って清浄化するのが好ましい。

【0045】なお、結晶成長前に半導体層の表面を、溶液を用いて処理する方法としては、例えば特開平2-125686号公報にて開示されているような方法がある。これは、A1を組成の一部に含む半導体層が、製造工程中で少なくとも一度、大気中に露出され、この半導体層表面にIII-V族半導化合物半導体の結晶を成長させる工程を含む半導体装置の製造方法において、このIII-V族化合物半導体の結晶を成長させる工程の前に、前記大気中に露出された半導体層表面をフッ化水素を組成として含む水溶液に浸漬する工程を含む方法である。これにより、半導体層表面に形成された酸化膜が除去され、この酸化膜が除去された半導体層表面に、III-V族化合物半導体の結晶をその結晶性を良好にして成長させることができるため、半導体レーザ装置の特性を改善できるとされている。

【0046】しかしながら、本願発明者らが鋭意研究した結果、表面処理を行うフッ化水素を含む溶液の種類によって、その効果に大きな差が現われることが判明した。例えば、クラッド層にのみA1を含む材料を用いたBH構造半導体レーザ装置の作製における、メサストライプ部の両側面の表面をフッ化水素を含む溶液で清浄化処理した場合について、検討結果を下記表1に示す。

【0047】

【表1】

	フッ化水素のみの水溶液	フッ化水素とフッ化アンモニウムを混合した水溶液
クラッド層のAl混晶比が0.4より大	信頼性特性良好	信頼性特性良好
クラッド層のAl混晶比が0.4以下	信頼性特性不良	信頼性特性良好

【0048】上記表1に示すように、フッ化水素のみを含む水溶液を用いた場合、クラッド層のAl混晶比が0.4より大きい半導体レーザ装置においては良好な信頼性特性が得られるのに対し、クラッド層のAl混晶比が0.4以下の半導体レーザ装置においては良好な信頼性特性が得られなかった。A1を含む半導体層の表面に形成される酸化膜はAlの混晶比が小さいほど、薄く少ないと考えられ、Al混晶比の小さい半導体膜層の方が清浄化処理が不十分となるのは容易には推測できない結果と言える。これに対して、フッ化水素とフッ化アンモニウム溶液を混合して作製した溶液(バッファードフッ酸)を用いた場合には、クラッド層のAl混晶比が0.4以下の半導体レー

ザ装置においても良好な信頼性特性を得ることができた。

【0049】上記特開平2-125686号公報においては、実施例としてAl混晶比が0.5のクラッド層に対してフッ化水素を含む水溶液を適用した場合しか示されておらず、半導体層のAl混晶比が0.4以下の場合についてのこのような事実はなんら示唆されおらず、バッファードフッ酸についても言及されていない。

【0050】このような結果が得られる原因は不明であるが、フッ化水素のみを含む水溶液は、Al混晶比が0.4以下の半導体層に対してエッチング能力がないことから、例えば以下のような現象が生じていると推定され



る。

【0051】エッチング等にて加工されたAlを含む半導体層の表面は、荒れた状態で大気にさらされており、この表面に形成される酸化膜は下地の半導体層に強く結合している。この酸化膜を除去する場合、フッ化水素を含む水溶液が一般に有する酸化膜をエッチングする能力だけでは、大半の酸化膜は除去されるものの、下地の半導体層に直接強く結合した数原子層の酸化膜を除去することはできない。これを除去するためには、下地の半導体層自身の表面部分も除去することが必要である。従って、Al混晶比が0.4以下の半導体層に対して、フッ化水素のみを含む水溶液を用いて表面処理を行った場合には、下地の半導体層をエッチングする能力が無いため、酸化膜を完全に除去することができない。その結果、BH構造半導体レーザ装置を作製した場合に、再成長界面において十分な結晶性が得られず、信頼性特性が悪化する。

【0052】これに対して、バッファードフッ酸は、Al混晶比の大小にかかわらず半導体層に対するエッチング能力を有しているため、Al混晶比が0.4以下の半導体層に対しても、酸化膜を完全に除去することができる。その結果、BH構造半導体レーザ装置を作製した場合に、再成長界面において十分な結晶性が得られ、良好な信頼性特性が得られる。ただし、これはあくまで推定であり、Al混晶比に関わらず、再成長前の半導体層表面にバッファードフッ酸を適用することにより本発明の効果が得られる。

【0053】なお、バッファードフッ酸が有する半導体層自体をエッチングする能力は、表面に付着する酸化膜以外の不純物をも除去すると考えられる。このことも、半導体層表面の改質に効果的であると推定される。さらに、Alを含む半導体層の清浄化効果は当然ながら、Alを含まない層の表面についても清浄化することが期待される。よって、Alを含む半導体層部分とAlを含まない半導体層部分との両方の表面が現われている場合、例えば本実施形態のようにクラッド層にAlが含まれ、活性領域にはAlが含まれないようなBH構造半導体レーザ装置に対して、1種類の溶液による1回の清浄化処理によってメサストライプ部131aの両側面の表面を十分に清浄化することが可能である。

【0054】本実施形態によれば、このような表面処理によって、清浄な再成長界面および良好な結晶状態の電流ブロック層を得ることができるので、高い信頼性を有する半導体レーザ装置を作製することができた。

【0055】なお、バッファードフッ酸は、SiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜マスク141に対してはエッチング速度はそれほど速くないため、このような短時間の清浄化処理では絶縁膜マスク141は若干薄くはなるものの、消失することはない。一方、本実施形態では絶縁膜マスク141を除去する際にフッ化水素酸を用いているが、フッ化水素酸の

代わりにバッファードフッ酸を用いることも可能である。この場合、絶縁膜マスク141を構成するSiO<sub>2</sub>のエッチング速度が遅いため、除去工程に時間がかかるが、保護層108および第2電流ブロック層112上においても本発明による清浄化効果が得られ、表面が十分清浄化される。

【0056】また、本実施形態においては、活性領域にはAlが含まれていないため、活性領域側面での酸化を殆ど抑えることができる。

【0057】さらに、本実施形態においては、活性領域とその近傍部分の側面132が、(1mn)B面である(111)B面、またはそれに近い面方位となっている。この(1mn)B面はIII族元素よりV族元素の方が多い状態で終端する面であるので、この表面に現われる元素はV族元素であるAsが主体となり、III族元素であるAlの露出が低減される。よって、その側面132での酸化膜の形成を抑制することができる。この側面132の面方位は(111)B±30°であれば、Alの露出が十分低減されて酸化膜の形成が抑制される。また、活性領域の少なくとも約0.05μmの範囲について、(1mn)B面として酸化を抑制すれば、半導体レーザ装置の特性を格段に向上させることができる。

【0058】(実施形態2) 本実施形態では、実施形態1と活性領域の構成を相違させた半導体レーザ装置の例について説明する。

【0059】本実施形態の半導体レーザ装置の活性領域は、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As第1光ガイド層(層厚15nm)、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.58</sub>In<sub>0.32</sub>N<sub>0.019</sub>As<sub>0.981</sub>井戸層(層厚7nm、3層)とAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asバリア層(層厚5nm、2層)を交互に積層した多重量子井戸活性層、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As第2光ガイド層(層厚15nm)で構成されており、それ以外は実施形態1と同様の構成である。その製造工程は実施形態1と同様である。

【0060】本実施の形態においても、メサストライプ部の側面をバッファードフッ酸により表面処理し、その両側に電流ブロック層を再成長している。これにより得られる効果は、実施形態1と同様である。

【0061】なお、本実施形態においては、活性領域にはAlが含まれる点の実施形態1と異なっている。しかし、電子とホールが発光再結合する井戸層において、Alの混晶比を0.2以下(本実施形態においては0.1)とすることにより酸化の抑制を図っている。また、本実施形態において、活性領域とその近傍部分の側面は(111)B面またはそれに近い結晶面方位となっている。これにより得られる効果は実施形態1と同様である。さらに、本実施形態において、バッファードフッ酸により活性領域の酸化は十分に防がれており、実施形態1には劣るものの半導体レーザ装置としては十分に高い信頼性が得られている。

【0062】(実施形態3) 図2(C)は本実施形態に



より作製される半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。この半導体レーザ装置は、第1導電型の半導体基板201の表面に、第1導電型のバッファ層202、第1導電型の第1クラッド層203、活性領域、第2導電型の第2クラッド層207が積層されている。その積層構造は、その側面が(111)A面またはそれに近い結晶方位の側面を持つ順メサストライプ形状を有している。そのメサストライプ部231aの両側231bは、第1導電型の第1電流ブロック層211、および第2導電型の第2電流ブロック層212で埋め込まれている。活性領域は、第1光ガイド層204、多重量子井戸活性層205、第2光ガイド層206により構成されている。

【0063】この半導体レーザ装置は、以下のようにして作製することができる。

【0064】まず、図2(a)に示すように、(100)面を有するn-GaAs基板201上に、n-GaAsバッファ層202(層厚0.5 $\mu$ m)、n-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As第1クラッド層203(層厚2.0 $\mu$ m)、GaAs第1光ガイド層204(層厚40nm)、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As井戸層(層厚7.3nm、2層)とGaAsバリア層(層厚5nm、1層)を交互に積層してなる多重量子井戸活性層205、GaAs第2光ガイド層206(層厚40nm)、およびp-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As第2クラッド層207(層厚1.0 $\mu$ m)を有機金属気相成長法を用いて順次結晶成長させる。その上に、SiO<sub>2</sub>等からなる絶縁膜を積層し、メサストライプ部を形成する部分に、レジストマスクをストライプ方向が(01-1)方向となるように写真工程により作製する。その後、レジストマスク下以外の絶縁膜を取り除き、さらにレジストマスクを除去して、ストライプ状の絶縁膜241マスクを形成する。

【0065】次に、図2(b)に示すように、絶縁膜マスク241を用いてエッチングを行い、順メサストライプ部231aを形成する。このときのエッチングは、クエン酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いて、第1クラッド層203の途中まで行い、エッチングの深さは約2 $\mu$ mで、メサストライプ部231aの幅は活性領域で約2 $\mu$ mである。これにより、メサストライプ内の活性領域およびその近傍の側面232は、(111)A面に近い結晶面方位を有して形成される。このエッチング後、純水にて約10分間洗浄する。

【0066】続いて、メサストライプ部231aおよびメサストライプ部両側面231bに対して、バッファードフッ酸を用いて表面の清浄化処理を施す。ここでは、例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:20で混合した溶液を用いる。この処理は、20℃にて約3分間行い、その後、純水にて約10分間洗浄する。

【0067】その後、図2(c)に示すように、メサストライプ部231aの両側231bにその側面を埋め込むように、p-Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As第1電流ブロック層211(層

厚1.0 $\mu$ m)、およびn-Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As第2電流ブロック層212(層厚1.0 $\mu$ m)を有機金属気相成長法により順次結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。その後、フッ化水素酸にて絶縁膜マスク241を取り除き、メサストライプ部231a上およびその両側231b上にわたって全面に、p-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As第3クラッド層221(層厚1.0 $\mu$ m)、およびp-GaAsキャップ層222(層厚2.0 $\mu$ m)を順次積層する。以上により本実施形態の半導体レーザ装置が作製される。

【0068】本実施形態においても、メサストライプ部の側面をバッファードフッ酸により表面処理し、その両側に電流ブロック層を再成長しており、これにより得られる効果は、実施形態1と同様である。

【0069】なお、本実施の形態においては、メサストライプ部の側面を、(111)A面またはそれに近い結晶面方位としている点が、実施形態1と異なっている。しかし、活性領域にはAlが含まれないため、実施形態1と同様に、活性領域側面での酸化を抑制することができる。また、バッファードフッ酸により活性領域の酸化は十分に防がれており、実施形態1には劣るものの、半導体レーザ装置としては十分に高い信頼性が得られている。

【0070】(実施形態4)図3は本実施形態により作製される半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。この半導体レーザ装置は、第1導電型の半導体基板301の表面に、第1導電型のバッファ層302、第1導電型の第1クラッド層303、活性領域、第2導電型の第2クラッド層307が積層されている。その積層構造は、その側面が(lmn)B面(l、m、nは0を除く整数)からなる結晶面方位を有する逆メサストライプ形状を有している。そのメサストライプ部331aの両側331bは、第1導電型の第1電流ブロック層311、および第2導電型の第2電流ブロック層312で埋め込まれている。活性領域は第1光ガイド層304、多重量子井戸活性層305、第2光ガイド層306により構成されている。

【0071】この半導体レーザ装置は、以下のようにして作製することができる。基本的な工程の流れは実施形態1と同様である。

【0072】まず、(100)面を有するn-GaAs基板301上に、n-GaAsバッファ層302(層厚0.5 $\mu$ m)、n-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As第1クラッド層303(層厚2.0 $\mu$ m)、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As第1光ガイド層304(層厚10nm)、Al<sub>0.14</sub>Ga<sub>0.86</sub>As井戸層(層厚10nm、3層)とAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asバリア層(層厚7nm、2層)を交互に積層してなる多重量子井戸活性層305、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As第2光ガイド層306(層厚10nm)、p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As第2クラッド層307(層厚1.5 $\mu$ m)、およびp-GaAs保護層308(層厚0.1 $\mu$ m)を、有機金属気相成長法を用いて順次結晶成長させる。その上にSiO<sub>2</sub>等からなる絶縁膜を積層し、メサストライプ部を形成する部分

に、レジストマスクをストライプ方向が(01-1)方向となるように写真工程により作製する。その後、レジストマスク下以外の絶縁膜を取り除き、さらにレジストマスクを除去して、ストライプ状の絶縁膜マスクを形成する。

【0073】次に、絶縁膜マスク部を用いてエッチングを行い、逆メサストライプ部331aを形成する。このときのエッチングは、硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いて、第1クラッド層303の途中まで行い、エッチングの深さは約2.6 $\mu\text{m}$ で、メサストライプ部331aの幅は活性領域で約1 $\mu\text{m}$ である。これにより、メサストライプ内の活性領域およびその近傍の側面332は、(111)B面に近い結晶面方位を有して形成される。このエッチング後、純水にて約10分間洗浄する。

【0074】続いて、該メサストライプ部331aおよびメサストライプ部両側331bに対して、バッファードフッ酸を用いて表面の清浄化処理を施す。ここでは、例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:10で混合した溶液を用いる。この処理は、20℃にて約5分間行い、そのまま自然乾燥させる。

【0075】その後、メサストライプ部331aの両側331bにその側面を埋め込むように、p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As第1電流ブロック層311(層厚1.0 $\mu\text{m}$ )、n-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As第2電流ブロック層312(層厚1.5 $\mu\text{m}$ )、およびp-GaAs第2保護層313(層厚0.1 $\mu\text{m}$ )を有機金属気相成長法によりHCl(塩化水素)を同時に供給しながら順次結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。このとき、HClを同時に供給することにより、Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asを選択成長させることができる。その後、上記と同じバッファードフッ酸にて絶縁膜マスクを取り除き、メサストライプ部331aおよびその両側331b上にわたって全面に、p-GaAsキャップ層322(層厚2.0 $\mu\text{m}$ )を積層する。以上により本実施形態の半導体レーザ装置が作製される。

【0076】本実施形態においては、クラッド層のAl混晶比が0.4より大きく、活性領域はAl混晶比が0.4以下となっている。しかし、上記表1に示したように、バッファードフッ酸はいずれの部分に対しても効果を有するので、バッファードフッ酸のみによる1回の清浄化処理によって、メサストライプ部331aの両側面が十分に改質され、電流ブロック層を良好な状態で再成長させることができる。

【0077】なお、本実施形態においては、バッファードフッ酸による表面清浄化処理の後、水洗を行わずに自然乾燥している。これにより、水洗を行った場合に比べて、より良好な信頼性を有する半導体レーザ装置を得ることができた。これは、Alを含む層の表面が水洗によって再び酸化するのを防ぐことができたためと考えられる。

【0078】また、本実施形態においては、絶縁膜マスクの除去もバッファードフッ酸を用いて行っている。そ

の理由は、フッ化水素酸を用いた場合は、GaAs保護層308とGaAs第2保護層313の間からフッ化水素酸が入り込んでAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asからなる電流ブロック層311、312をエッチングしてしまうからである。ただし、バッファードフッ酸を用いた場合、SiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜マスクのエッチング速度がそれほど速くないため、このエッチングには、ある程度の時間を必要とする。

【0079】さらに、本実施形態においては、活性領域にはAlが含まれている点が実施形態1と異なっている。しかし、電子とホールが発光再結合する井戸層において、Alの混晶比を0.2以下(本実施形態においては0.14)として酸化の抑制を図っている。また、本実施形態において、活性領域とその近傍部分の側面は(111)B面またはそれに近い結晶面方位となっている。これにより得られる効果は、実施形態1と同様である。さらに、本実施形態において、バッファードフッ酸により活性領域の酸化は十分に防がれており、実施形態1には劣るものの、半導体レーザ装置としては十分に高い信頼性が得られている。

【0080】(実施形態5)図4は本実施形態により作製される半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。この半導体レーザ装置は、第1導電型の半導体基板401の表面に、第1導電型のバッファ層402、第1導電型の第1クラッド層403、活性領域、第2導電型の第2クラッド層407が積層されている。その積層構造は、その側面が基板にほぼ垂直の結晶面方位を有するメサストライプ形状を有している。そのメサストライプ部431aの両側432bは、第1導電型の第1電流ブロック層411、および第2導電型の第2電流ブロック層412で埋め込まれている。活性領域は第1光ガイド層404、多重量子井戸活性層405、第2光ガイド層406により構成されている。基板としてはInPが用いられ、各層はInPに格子整合するAlGaInAs系材料にて構成されている。

【0081】この半導体レーザ装置は、以下のようにして作製することができる。基本的な工程の流れは実施形態1と同様である。

【0082】まず、(100)面を有するn-InP基板401上に、n-Al<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>As第1クラッド層403(層厚2.0 $\mu\text{m}$ )、Al<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>AsからAl<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.28</sub>In<sub>0.52</sub>AsまでIII族混晶比を徐々に変化させた第1光ガイド層404(層厚20nm)、Ga<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>As井戸層(層厚8nm、7層)とAl<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.28</sub>In<sub>0.52</sub>Asバリア層(層厚3.5nm、6層)を交互に積層してなる多重量子井戸活性層405、Al<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.28</sub>In<sub>0.52</sub>AsからAl<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>AsまでIII族混晶比を徐々に変化させた第2光ガイド層406(層厚20nm)、p-Al<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>As第2クラッド層407(層厚1.0 $\mu\text{m}$ )、およびp-Ga<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>As保護層408(層厚20nm)を有機金属気相成長法を用いて順次結晶成長させる。その上にSiO<sub>2</sub>等からなる絶縁膜を積層し、メサストライプ部を形成する部分に、レ

ジストマスクをストライプ方向が(011)または(01-1)方向となるように、写真工程により作製する。その後、レジストマスク下以外の絶縁膜を取り除き、さらにレジストマスクを除去してストライプ状のSiO<sub>2</sub>絶縁膜マスクを形成する。

【0083】次に、絶縁膜マスクを用いてドライエッチングを行い、メサストライプ部431aを形成する。このときのエッチングは、例えば塩素系のドライエッチングを用い、基板401に到達するまで行う。さらに、ドライエッチングによる表面のダメージを除去するために、メサストライプ部431aの側面および基板401表面を例えば塩酸にて0.1μmから0.2μm程度エッチングして除去する。これらのエッチングによる深さは約3.5μmで、メサストライプ部431aの幅は活性領域で約1μmである。これにより、メサストライプ内の活性領域およびその近傍の側面432は基板に対してほぼ垂直の結晶面方位を有して形成される。

【0084】続いて、メサストライプ部431aおよびメサストライプ部両側431bに対して、バッファードフッ酸を用いて表面の清浄化処理を施す。ここでは、例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:2で混合した溶液を用いる。この処理は、20℃にて約5分間行い、その後、純水にて約10分間洗浄する。

【0085】その後、メサストライプ部431aの両側431bにその側面を埋め込むように、p-Al<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>As第1電流ブロック層411(層厚2.5μm)、およびn-Al<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>As第2電流ブロック層412(層厚1.0μm)を有機金属気相成長法により順次結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。その後、上記と同じバッファードフッ酸にて絶縁膜マスクを取り除き、メサストライプ部431a上およびその両側431bにわたって全面に、p-Al<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>第3クラッド層421(層厚1.5μm)、およびp-Ga<sub>0.48</sub>In<sub>0.52</sub>Asキャップ層422(層厚2.0μm)を順次積層する。以上により本実施形態の半導体レーザ装置が作製される。

【0086】本実施形態においては、クラッド層およびガイド層の一部はAl混晶比が0.4より大きく、ガイド層の残りの部分およびバリア層はAl混晶比が0.4以下となっており、さらに井戸層はAlを含まない材料からなる。しかし、バッファードフッ酸はいずれの部分に対しても効果を有するので、バッファードフッ酸のみによる1回の清浄化処理によって、メサストライプ部431aの両側面が十分に改質され、電流ブロック層を良好な状態で再成長させることができる。

【0087】また、本実施形態においては、クラッド層のAl混晶比を0.48としている点、活性領域にはAlが含まれている点、および活性領域とその近傍の側面が基板に垂直な結晶面方位となっている点が、実施形態1と異なっている。しかし、電子とホールとが発光再結合する井戸層において、Al混晶比を0.2以下(本実施形態におい

ては0)とすることにより酸化の抑制を図っている。さらに、本実施の形態において、バッファードフッ酸により活性領域の酸化は十分に防がれており、実施形態1には劣るものの、半導体レーザ装置としては十分に高い信頼性が得られている。

(実施形態6)図7(d)は本実施形態により作製される半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。この半導体レーザ装置は、第1導電型の半導体基板601表面に、第1導電型のバッファ層602、第1導電型の第1クラッド層603、活性領域、第2導電型の第2クラッド層607が積層されている。その積層構造は、第2クラッド層の上部においてメサストライプ形状を有し、側面633が(1mn)B面(l、m、nは0を除く整数)からなる結晶面方位を有している。そのメサストライプ部631aの両側631bは、第1導電型の第1電流ブロック層611、第2導電型の第2電流ブロック層612で順次埋め込まれている。活性領域は第1光ガイド層604と多重量子井戸活性層605と第2光ガイド層606により構成されている。

【0088】この半導体レーザ装置は、以下の様にして作製することができる。

【0089】まず、図6(a)に示すように、(100)面を有するn-GaAs基板601上に、n-GaAsバッファ層602(層厚0.5μm)、n-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As第1クラッド層603(層厚2.0μm)、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As第1光ガイド層604(層厚50nm)、In<sub>0.09</sub>Ga<sub>0.91</sub>As井戸層(層厚7.5nm、2層)とAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asバリア層(層厚5nm、1層)を交互に配置してなる多重量子井戸活性層605、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As第2光ガイド層606(層厚50nm)、p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As下部第2クラッド層607a(層厚0.20μm)、p-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asエッチングストップ層651(層厚0.05μm)、p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As上部第2クラッド層607b(層厚1.8μm)、p-GaAs保護層(層厚0.5μm)608を有機金属気相成長法を用いて順次結晶成長させる。さらにメサストライプ部を形成する部分にレジストマスクをストライプ方向が(011)方向を持つように写真工程により作製する。

【0090】次に、レジストマスク以外の部分を保護層608および上部第2クラッド層607bのみエッチングし、メサストライプ部631aを形成する。エッチングはクエン酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いる。本エッチング液はAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asエッチングストップ層651に対するエッチング速度が非常に遅いため、エッチングストップ層651の手前でエッチングを停止させることができる。エッチングの深さは約2.3μm、メサストライプ部631aの幅は底部で約2.5μmである。このとき、該メサストライプ部側面633は、(111)B面に近い結晶面方位を持っている。エッチング後は純水にて約10分間洗浄する。さらにレジストマスクを除去する。

【0091】続いて、該メサストライプ部631a全体およびメサストライプ部両側631bに、バッファードフッ酸に

て表面の清浄化処理を施す。ここでは例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:40で混合した溶液を用いる。本処理は20℃にて約3分間行い、その後、純水にて約10分間洗浄する。

【0092】そして、図6(b)に示すように、該メサストライプ部631a全体およびメサストライプ部両側631bの上に、n-Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As第1電流ブロック層611(層厚0.8μm)、n-GaAs第2電流ブロック層612(層厚0.5μm)、p-GaAs第2保護層613(層厚1.0μm)を有機金属気相成長法により順次結晶成長させる。この時、メサストライプ部631a上にはその形状を反映して電流ブロック層および保護層が凸状に形成される。

【0093】次に、図7(C)に示すように、該凸状部を除く第2保護層613上にレジストマスクを形成する。そして、該凸状部の第2保護層613、第2電流ブロック層612、第1電流ブロック層611をエッチングにより順次除去し、メサストライプ部631aの頂部を露出させる。エッチングは、まずアンモニアと過酸化水素水の混合水溶液にて第2保護層613、第2電流ブロック層612をエッチングする。このエッチング液はGaAsに対してはエッチング速度は速いがAl<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>Asに対しては非常に遅い。よって、第1電流ブロック層611の手前でエッチングが停止する。続いて、硫酸と過酸化水素水の混合水溶液にて第1電流ブロック層611をエッチングする。このエッチング液はAl<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As、GaAsのいずれに対してもほぼ同じ速度でエッチングする。これにより、第1電流ブロック層611の下保護層608を0.2μm程度除去するまでエッチングを行い、確実に第1電流ブロック層611を除去する。エッチング後は純水にて約10分間洗浄する。さらにレジストマスクを除去する。

【0094】なお、第1電流ブロック層611の除去において、フッ化水素酸のようなAl<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>Asに対してはエッチング速度は速いがGaAsに対しては非常に遅いエッチング液を用いると、メサストライプ部631aの側面633上の第1電流ブロック層611も除去されてしまうこととなり不適当である。

【0095】最後に、p-GaAsキャップ層622(層厚3.0μm)を積層する。このようにして、図7(d)に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0096】本実施形態のような、活性領域より上のクラッド層にのみメサストライプを形成するいわゆるリッジ構造半導体レーザ装置においても、メサストライプの側面や両側の底面などの発光領域に近い部分にAlを含む再成長界面を有している場合には、界面での酸化は半導体レーザ装置の信頼性に大きな影響を与えることになる。

【0097】本実施形態では、メサストライプ部の側面および両側の底面をバッファードフッ酸により表面処理し、その上に電流ブロック層を再成長しており、このことから得られる効果は、実施形態1における効果と同様

で、界面の不良による転位の発生を低減して半導体レーザ装置の信頼性を向上させることができる。

【0098】また、本実施形態においては、活性領域とその近傍の側面は(111)B面もしくは(111)B面に近い結晶面方位となっている。このことから得られる効果は、実施形態1における効果と同様である。

(実施形態7) 図9(d)は本実施形態により作製される半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。この半導体レーザ装置は、第1導電型の半導体基板701表面に、第1導電型のバッファ層702、第1導電型の第1クラッド層703、活性領域、第2導電型の第2クラッド層707が積層されている。その積層構造は、第2クラッド層の上部においてメサストライプ形状を有し、側面733が(1mn)B面(l、m、nは0を除く整数)からなる結晶面方位を有している。そのメサストライプ部731aの両側731bは、第1導電型の第1電流ブロック層711、第2導電型の第2保護層713で順次埋め込まれている。活性領域は第1光ガイド層704と多重量子井戸活性層705と第2光ガイド層706により構成されている。

【0099】この半導体レーザ装置は、以下の様にして作製することができる。

【0100】まず、図8(a)に示すように(100)面を持つn-GaAs基板701上にn-GaAsバッファ層702(層厚0.5μm)、n-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As第1クラッド層703(層厚1.5μm)、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As第1光ガイド層704(層厚10nm)、Al<sub>0.14</sub>Ga<sub>0.86</sub>As井戸層(層厚10nm、3層)とAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asバリア層(層厚7nm、2層)を交互に配置してなる多重量子井戸活性層705、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As第2光ガイド層706(層厚10nm)、p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As下部第2クラッド層707a(層厚0.15μm)、p-GaAsエッチングストップ層751(層厚3nm)、p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As上部第2クラッド層707b(層厚0.6μm)を有機金属気相成長法で順次結晶成長させる。さらにメサストライプ部を形成する部分にレジストマスクをストライプ方向が(011)方向を持つように写真工程により作製する。

【0101】次に、レジストマスク以外の部分を上部第2クラッド層707bのみエッチングし、メサストライプ部731aを形成する。エッチングは、まず硫酸と過酸化水素水の混合水溶液にて上部第2クラッド層707bを0.4μm分だけエッチングする。続いて、フッ化水素酸にて上部第2クラッド層707bの残り0.2μm分をエッチングする。フッ化水素酸はAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asに対してはエッチング速度は速いがGaAsに対しては非常に遅いため、エッチングストップ層751の手前でエッチングを停止させることができる。エッチングの深さは0.6μm、メサストライプ部731aの幅は底部で約2.5μmである。このとき、該メサストライプ部側面733は、(111)B面に近い結晶面方位を持っている。エッチング後は純水にて約10分間洗浄する。さらにレジストマスクを除去する。

【0102】なお、このメサストライプ部731aの形成に

においては、エッチングを硫酸と過酸化水素水の混合水溶液とフッ化水素酸の2回に分けて行っているが、フッ化水素酸の1回で行うことも不可能ではない。しかし、フッ化水素酸はAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asに対するエッチング速度が非常に早いため、エッチング時間が長くなるほどエッチング量の制御が困難である。このため、深さ方向のエッチング量はエッチングストップ層751により0.6 $\mu$ mで確実に制御できるが、水平方向のエッチング量は安定して得ることができない。したがって、Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asに対して安定したエッチング速度を持つ硫酸と過酸化水素水の混合水溶液で上部第2クラッド層707bの厚さを0.2 $\mu$ mまで薄くしておき、フッ化水素酸でのエッチング時間を短くすることで、安定したストライプ幅を得るようにしている。

【0103】続いて、該メサストライプ部731a全体およびメサストライプ部両側731bに、バッファードフッ酸にて表面の清浄化処理を施す。ここでは例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:40で混合した溶液を用いる。本処理は20℃にて約3分間行い、その後純水にて約10分間洗浄する。

【0104】そして、図8(b)に示すように、該メサストライプ部731a全体およびメサストライプ部両側731bの上に、n-Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As第1電流ブロック層711(層厚0.6 $\mu$ m)、p-GaAs第2保護層713(層厚20nm)を有機金属気相成長法にて順次結晶成長させる。この時、メサストライプ部731a上にはその形状を反映して電流ブロック層および保護層が凸状に形成される。

【0105】次に、図9(c)に示すように、該凸状部を除く第2保護層713上にレジストマスクを形成する。そして、該凸状部の第2保護層713、第1電流ブロック層711をエッチングにより順次除去し、メサストライプ部731aの頂部を露出させる。エッチングは、硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いる。このエッチング液はAl<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As、Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As、GaAsのいずれに対してもほぼ同じ速度でエッチングする。これにより、第1電流ブロック層711の下の上部第2クラッド層707bを0.2 $\mu$ m程度除去するまでエッチングを行い、確実に第1電流ブロック層711を除去する。エッチング後は純水にて約10分間洗浄する。さらにレジストマスクを除去する。

【0106】続いて、該メサストライプ部731a頂部、第1電流ブロック層711、第2保護層713の上面に、バッファードフッ酸にて表面の清浄化処理を施す。ここでは例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:40で混合した溶液を用いる。本処理は20℃にて約3分間行い、その後純水にて約10分間洗浄する。

【0107】最後に、p-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As第3クラッド層721(層厚1.0 $\mu$ m)、p-GaAsキャップ層722(層厚3.0 $\mu$ m)を積層する。このようにして、図9(d)に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0108】本実施形態においては、メサストライプ部

の側面および両側の底面をバッファードフッ酸により表面処理し、その上に電流ブロック層を再成長しており、このことから得られる効果は、実施形態6における効果と同様である。

【0109】また、本実施形態においては、活性領域とその近傍の側面は(111)B面もしくは(111)B面に近い結晶面方位となっている。このことから得られる効果は、実施形態6における効果と同様である。

【0110】さらに、本実施形態においては、メサストライプ部の高さを実施形態6に比べ0.4 $\mu$ mと1/4以下に低くしている。メサストライプ部は電流の狭窄された領域であるため電気抵抗が高い。特に、AlGaAsクラッド層のAlの混晶比が高くなるほど材料自体の電気抵抗も高くなり、これに、①低しきい値電流などの目的でストライプ幅が狭い、②リッジの形状が頂上にいくほどさらに狭い、など要件が重なると半導体レーザ装置の電気抵抗は非常に高くなり、消費電力の増大や素子温度上昇による信頼性の低下をまねく。したがって、本実施形態のようにメサストライプ部の高さを低くすることで電気抵抗を大きく下げることができる。

【0111】ただし、たとえば単に実施形態6において比べ高さを低くすると、GaAsである保護層608が発光領域に近づいてしまい、光の分布に大きな悪影響を与える。特に、本実施形態の場合、GaAsはレーザ発振した光を吸収してしまう。よって、上部第2クラッド層707b上には保護層を設けていない。しかし、これによりメサストライプの頂部の再成長界面は、製造の過程においてAlの混晶比が0.5であるAlGaAsが大気にさらされ酸化してしまう。しかもこの界面は、メサストライプの高さを低くしたことで、従来より発光領域に近づいてしまう。

【0112】このため、本実施形態は、この界面にもバッファードフッ酸による表面処理を行っている。これによれば、再成長界面を改善することができるため、本実施形態のようにメサストライプの高さを低くした場合にも、界面の不良による転位の発生を低減でき、電気抵抗が低く、かつ高い信頼性をもつ半導体レーザ装置を得ることができる。

【0113】なお、メサストライプの高さを低くした場合には、発光した光の分布はメサストライプの頂部を超えてひろがる。したがって、本実施形態のように、メサストライプの頂部の上にさらにクラッド層を形成し、光の拡がりを制御することが望ましい。

【0114】本実施形態においては、半導体レーザ装置完成時のメサストライプの高さは約0.4 $\mu$ m、メサストライプ頂部の再成長界面と活性領域の距離は約0.55 $\mu$ mである。本発明により、特に再成長界面と活性領域の距離が1 $\mu$ m以下において、信頼性を損なわずに低い電気抵抗を得ることができ、有為な効果が得られる。

【0115】(実施形態8)図10(e)は本実施形態により作製される半導体レーザ装置の概略構成を模式的



に示す断面図である。この半導体レーザ装置は、第1導電型の半導体基板801表面に、第1導電型のバッファ層802、第1導電型の第1クラッド層803、活性領域、第2導電型の第2クラッド層807、回折格子領域、第1導電型の第1電流ブロック層811が積層されている。その積層構造は、第1電流ブロック層がストライプ状に除去されたストライプ溝833を有し、側面834は(1mn)A面(1、m、nは0を除く整数)からなる結晶方位を有している。そのストライプ溝833の上には第2導電型の第3クラッド層807が埋め込まれている。活性領域は第1光ガイド層804と多重量子井戸活性層805と第2光ガイド層806により構成されている。回折格子領域は第3光ガイド層821と離散的に形成された光吸収層862と第4光ガイド層863により構成されている。

【0116】この半導体レーザ装置は、以下の様にして作製することができる。

【0117】まず、図10(a)に示すように、(100)面を持つn-GaAs基板801上に、n-GaAsバッファ層802(層厚 $0.5\mu\text{m}$ )、n-Al<sub>0.45</sub>Ga<sub>0.55</sub>As第1クラッド層803(層厚 $1.0\mu\text{m}$ )、Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As第1光ガイド層804(層厚 $0.1\mu\text{m}$ )、Al<sub>0.14</sub>Ga<sub>0.86</sub>As井戸層(層厚10nm、5層)とAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asバリア層(層厚7nm、4層)を交互に配置してなる多重量子井戸活性層805、p-Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As第2光ガイド層806(層厚 $0.1\mu\text{m}$ )、p-Al<sub>0.45</sub>Ga<sub>0.55</sub>As第2クラッド層807(層厚 $0.1\mu\text{m}$ )、p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As第3光ガイド層861(層厚 $0.1\mu\text{m}$ )、n-GaAs光吸収層862(層厚50nm)を有機金属気相成長法を用いて順次結晶成長させる。

【0118】次に、回折格子を形成するために、光吸収層862上にレジストを塗布し、二光束干渉露光法により、周期約 $0.35\mu\text{m}$ の回折格子状のマスクパターンを形成する。パターンのストライプの方向は(011)方向を持つようにする。

【0119】次に、図10(b)に示すように、このレジストマスク以外の領域の光吸収層862、および、第3光ガイド層861の一部をエッチングし、回折格子835を形成する。エッチングは、クエン酸と過酸化水素水の混合水溶液にて行う。本エッチング液は、GaAs、Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asのいずれに対してもほぼ同等のエッチング速度を有している。エッチング後は純水にて約10分間洗浄する。さらにレジストマスクを除去する。

【0120】続いて、第3光ガイド層861、光吸収層862の上面に、バッファードフッ酸にて表面の清浄化処理を施す。ここでは例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:20で混合した溶液を用いる。本処理は20℃にて約3分間行い、その後窒素ガスを吹き付けて本溶液を除去、乾燥する。

【0121】そして、図10(c)に示すように、第3光ガイド層861、光吸収層862の上に、p-Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As第4光ガイド層863(層厚 $0.1\mu\text{m}$ )、n-Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.35</sub>As第

1電流ブロック層811(層厚 $0.6\mu\text{m}$ )を有機金属気相成長法にて順次結晶成長させる。

【0122】次に、図11(d)に示すように、第1電流ブロック層811上にレジストマスクをストライプ状の溝が(01-1)方向を持つように写真工程により作製する。そして、ストライプ状の溝内の第1電流ブロック層811をエッチングにより順次除去し、第4光ガイド層863を露出させたストライプ溝833を形成する。エッチングは、まず硫酸と過酸化水素水の混合水溶液にて第1電流ブロック層811を $0.4\mu\text{m}$ 分だけエッチングする。続いて、フッ化水素酸にて第1電流ブロック層811の残り $0.2\mu\text{m}$ 分をエッチングする。フッ化水素酸はAl<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.45</sub>Asに対してはエッチング速度は速いがAl<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>Asに対しては非常に遅いため、第4光ガイド層863の手前でエッチングを停止させることができる。エッチングの深さは $0.6\mu\text{m}$ 、ストライプ溝833の幅は底部で約 $2.5\mu\text{m}$ である。このときストライプ溝の側面834は、(111)A面に近い結晶面方位を持っている。エッチング後は純水にて約10分間洗浄する。さらにレジストマスクを除去する。

【0123】なお、このストライプ溝833の形成においては、エッチングを硫酸と過酸化水素水の混合水溶液とフッ化水素酸の2回に分けて行っているが、フッ化水素酸の1回で行うことも不可能ではない。しかし、フッ化水素酸はAl<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.45</sub>Asに対するエッチング速度が非常に早いため、エッチング時間が長くなるほどエッチング量の制御が困難である。よって、深さ方向のエッチング量は第4光ガイド層863により $0.6\mu\text{m}$ で確実に制御できるが、水平方向のエッチング量は安定して得ることができない。したがって、Al<sub>0.65</sub>Ga<sub>0.45</sub>Asに対して安定したエッチング速度を持つ硫酸と過酸化水素水の混合水溶液で第1電流ブロック層811の厚さを $0.2\mu\text{m}$ まで薄くしておき、フッ化水素酸でのエッチング時間を短くすることで、安定したストライプ幅を得るようにしている。

【0124】続いて、該メストライプ溝833、第1電流ブロック層811の上面に、バッファードフッ酸にて表面の清浄化処理を施す。ここでは例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:20で混合した溶液を用いる。本処理は20℃にて約3分間行い、その後窒素ガスを吹き付けて本溶液を除去、乾燥する。

【0125】最後に、p-Al<sub>0.45</sub>Ga<sub>0.55</sub>As第3クラッド層821(層厚 $1.0\mu\text{m}$ )、p-GaAsキャップ層822(層厚 $3.0\mu\text{m}$ )を積層する。このようにして、図11(e)に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0126】本実施形態のような、電流ブロック層にストライプ溝を設け、クラッド層で埋め込んだSAS(Self-aligned stripe)構造半導体レーザ装置においても、ストライプ溝の底面や側面やなどの発光領域に近い部分にAlを含む再成長界面を有している場合には、界面での酸化は半導体レーザ装置の信頼性に大きな影響を与えること



になる。

【0127】また、本実施形態のような、Alを含んだ材料の上に回折格子を設け、半導体層で埋め込んだ分布帰還型半導体レーザにおいても、その構造上再成長界面は発光層領域の近傍に存在するため、界面での酸化は半導体レーザ装置の信頼性に大きな影響を与えることになる。

【0128】本実施形態では、ストライプ溝の底面および側面、電流ブロック層の上面をバッファードフッ酸により表面処理し、その上に第3クラッド層を再成長しており、このことから得られる効果は、実施形態1における効果と同様で、界面の不良による転位の発生を低減して半導体レーザ装置の信頼性を向上させることができる。

【0129】また、本実施形態においては、ストライプ溝の側面を(111)A面または(111)A面に近い結晶面方位としている点が実施形態1と異なっている。しかし、バッファードフッ酸により活性領域の酸化は十分に抑えられており、半導体レーザ装置としては十分に高い信頼性が得られている。

【0130】さらに本実施形態では、回折格子の上面をバッファードフッ酸により表面処理し、その上に第4光ガイド層を再成長しており、このことから得られる効果も、実施形態1における効果と同様で、界面の不良による転位の発生を低減して半導体レーザ装置の信頼性を向上させることができる。

(実施形態9)図12は、本実施形態により作製される半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。この半導体レーザ装置は、実施形態1の半導体レーザの前後の出射端面に反射膜を形成したものである。

【0131】この半導体レーザ装置は、以下の様にして作製することができる。

【0132】実施形態1の半導体レーザ900を作成後、劈開により形成された前後の出射端面に対し、バッファードフッ酸にて表面の清浄化処理を施す。ここでは例えば、50%フッ化水素酸と40%フッ化アンモニウム水溶液を約1:40で混合した溶液を用いる。本処理は20℃にて約1分間行い、その後純水にて約10分間洗浄する。

【0133】そして、一方の端面に対し、蒸着によりAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の低反射膜971を形成する。厚さは発振波長をAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の屈折率で割った値の1/4とし、反射率は約2%である。続いて、反対側の端面に対し、蒸着によりAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とSiを交互に5層積層し高反射膜972を形成する。厚さは、1層目、3層目のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の層が発振波長をAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の屈折率で割った値の1/4、2層目、4層目のSiの層が発振波長をSiの屈折率で割った値の1/4、5層目のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の層が発振波長をAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の屈折率で割った値1/2とし、反射率は約95%である。このようにして、図12に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0134】通常の半導体レーザの製造においては、劈

開により形成された共振器の端面は大気さらされる。したがって、Alを含むクラッド層の表面には大気により酸化膜が形成されてしまう。また、活性領域の表面にも劈開作業中に、不純物が付着することもある。従来はそのまま端面の上に反射膜を形成していたため、この酸化膜や不純物に起因してレーザ発振時には非発光再結合が発生し端面での劣化が起っていた。本実施形態では、反射膜の形成前にバッファードフッ酸によりクラッド層および活性領域を表面処理しているため、端面における非発光再結合の発生を低減して半導体レーザの信頼性を向上させることができる。

【0135】なお、本実施形態における半導体レーザ910は実施形態1に限定されるものではなく、実施形態2ないし8、その他端面においてAlを含んだ材料が現われるものであればいかなる半導体レーザ装置についてもその効果を得ることができる。

【0136】また、本実施形態においては出射端面の表面処理としてフッ化水素酸を用いることも可能である。実施形態1の半導体レーザ910では、最もAlの含まれる量が多いAlGaAsクラッド層でもAlの混晶比が0.4であり、フッ化水素酸では表面をエッチングすることはほとんどない。したがって、バッファードフッ酸に比べると、表面の酸化膜や不純物の除去は不完全になる可能性があるが、大半の酸化膜や不純物を除去することができ、半導体レーザの信頼性を向上させることができる。

【0137】なお、半導体レーザ910がAlの混晶比が0.4より多い層を含んで構成されている場合は、フッ化水素酸の使用には注意が必要である。フッ化水素酸は、層のAlの混晶比が0.4より多くなるにつれ、急速にエッチング速度が早くなる。たとえば半導体レーザ910として、Alの混晶比が0.5のクラッド層を含んで構成されている実施形態4を用いる場合、フッ化水素酸で表面処理を行うと、クラッド層に対するエッチング速度が早すぎて端面に凹凸が形成されてしまう。したがって、この場合はAlの混晶比にかかわらずエッチング速度がほぼ一定なバッファードフッ酸を用いるべきである。

【0138】上記実施形態1～実施形態7、9において、電流ブロック層はp型とn型の半導体層の組み合わせにより構成したが、必ずしもこれに限定されるものではなく、例えば高抵抗半導体層、誘電体やポリイミド膜等、電流狭窄機能を実現できる構成であれば、他の構成であってもよい。また、半導体レーザ装置を構成する材料も実施形態に示したものに限られず、表面の一部または全部にAlを含む部分が含まれていれば、例えば、AlGaInP系材料やGaAlN系材料等、他の材料であってもよい。また、各半導体層の成長方法も実施形態に示したものに限られず、例えばガスソースや有機金属ソースを用いた分子線エピタキシー法を用いてもよい。また、電流ブロック層の形成において、メルトバックを極力抑えた液相成長を行うことも可能である。メルトバックを抑えること

により、ストライプ幅のばらつきを従来に比べてある程度小さくすることができる。さらに、基板および各半導体層の導電型は、p型およびn型を全て逆にしたものであってもよい。

【0139】なお、本発明において、バッファードフッ酸は、フッ化アンモニウム水溶液のフッ化水素酸に対する比が小さくなると、Alの混晶比の低い層に対するエッチング速度が低下してくる。例えばAlGaAsの場合6倍未満ではエッチング速度はほぼ0となり、Alの混晶比の低い層に対する表面の清浄化処理の効果はあまり期待できなくなる。InP基板に格子整合するIn混晶比が0.5程度のInGaAlAsの場合は1倍未満で同様の現象が発生する。一方フッ化アンモニウム水溶液のフッ化水素酸に対する比が大きくなると、酸化膜を除去する能力が低下してくる。これは上記いずれの材料についても500倍を超えると発生する。従って、バッファードフッ酸は、フッ化水素酸とフッ化アンモニウム水溶液の比が、約1:1～約1:500において特に十分な効果が得られるので好ましい。さらに、実施形態1～4および6～8のようにAlGaAsを主体とした表面への清浄化処理では約1:6～約1:500が好ましい。実施形態5のようにInの混晶比が0.5程度のAlGaInAsを主体とした表面への清浄化処理では約1:1～約1:500が好ましい。さらに、フッ化水素酸とフッ化アンモニウム水溶液に加えて、純水を混合した溶液であっても十分な効果が得られる。以上までに記載されたフッ化水素酸とフッ化アンモニウム水溶液の比はすべて重量比である。

#### 【0140】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の半導体積層体の製造方法によれば、Alを含む半導体積層体の表面にバッファードフッ酸を用いた表面処理を行うことにより、酸化膜や表面に付着した不純物を除去して清浄化することができる。よって、その表面上に良好な結晶状態の半導体層を成長させて、特性に優れた半導体装置を作成することができる。本発明において表面処理に使用するバッファードフッ酸は、Al混晶比が0.4以下の材料に対しても、表面清浄化処理を行うことが可能であり、従来技術で使用されているフッ化水素のみを含む水溶液に比べて適用範囲が広い。

【0141】本発明の半導体レーザ装置の製造方法によれば、Alを含む再成長界面を有するBH構造半導体レーザ装置において、バッファードフッ酸を用いて表面処理することにより、再成長界面を清浄化し、電流ブロック層の結晶性を良好にすることができる。また、気相成長法により、電流ブロック層を形成することができるので、従来技術のような液相成長による問題点は生じない。

【0142】さらに、活性領域が少なくとも井戸層とバリア層からなる量子井戸構造である場合、井戸層のAl混晶比を0.2以下とすれば、活性領域の酸化を十分抑

えることができるので好ましい。また、バッファードフッ酸により活性領域側面の酸化膜を除去して清浄化することができ、さらに活性領域の酸化を抑制できる。さらに、活性領域がAlを含まない材料からなる場合、活性領域側面での酸化が殆ど生じないので好ましい。本発明において表面処理に使用するバッファードフッ酸は酸化膜以外の不純物をも除去可能であるので、Alを含む半導体層およびAlを含まない半導体層の両方の表面に対して、清浄化処理を行うことが可能である。さらに、メサストライプ部の両側面を、活性領域およびクラッド層の少なくとも活性領域近傍部分が、(lmn)B面

(l、m、nは0を除く整数)からなる結晶面方位を有するように形成することにより、その側面でのAlの露出を低減して酸化膜の形成を抑制することができる。

【0143】従って、本発明の半導体レーザ装置の製造方法によれば、再成長界面でのAl酸化による特性劣化を防いで、高性能なBH構造半導体レーザ装置を歩留まり良く作製することができる。

【0144】本発明の半導体レーザ装置の製造方法によれば、Alを含む再成長界面を有する、リッジ構造半導体レーザ装置、SAS構造半導体レーザ装置、分布帰還型半導体レーザ装置において、バッファードフッ酸を用いて表面処理することにより再成長界面を清浄化し、その上に形成する半導体層の結晶性を良好にすることができる。そして、再成長界面での酸化による特性劣化を防いで、高性能な半導体レーザを歩留まり良く作製することができる。

【0145】さらに、本発明の半導体レーザ装置およびその製造方法によれば、リッジ構造半導体レーザ装置を、信頼性を損なうことなく電気抵抗を低減することができる。

【0146】また、本発明の半導体レーザ装置の製造方法によれば、Alを含む材料を活性領域、もしくはクラッド層に用いた半導体レーザ装置において、バッファードフッ酸を用いて表面処理することにより劈開した出射端面を清浄化し、その上に反射膜を形成することで、出射端面での酸化による特性劣化を防いで、高性能な半導体レーザを歩留まり良く作製することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1の半導体レーザ装置の製造工程について模式的に示す断面図である。

【図2】実施形態3の半導体レーザ装置の製造工程について模式的に示す断面図である。

【図3】実施形態4の半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。

【図4】実施形態5の半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。

【図5】従来の半導体レーザ装置の概略構成を模式的に示す断面図である。

【図6】第6の実施形態の半導体レーザ装置の製造工程

について模式的に示す断面図である。

【図 7】第 6 の実施形態の半導体レーザ装置の製造工程について模式的に示す断面図である。

【図 8】第 7 の実施形態の半導体レーザ装置の製造工程について模式的に示す断面図である。

【図 9】第 7 の実施形態の半導体レーザ装置の製造工程について模式的に示す断面図である。

【図 10】第 8 の実施形態の半導体レーザ装置の製造工程について模式的に示す断面図である。

【図 11】第 8 の実施形態の半導体レーザ装置の製造工程について模式的に示す断面図である。

【図 12】第 9 の実施形態の半導体レーザ装置の製造工程について模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

101、201、301、401、501、601、701、801 基板  
 102、202、302、502、602、702、802 バッファ層  
 103、203、303、403、503、603、703、803 第 1 クラッド層  
 104、204、304、404、504、604、704、804 第 1 光ガイド層  
 105、205、305、405、505、605、705、805 多重量子井戸活性層  
 106、206、306、406、506、606、706、806 第 2 光ガイド層  
 107、207、307、407、507、807 第 2 クラッド層  
 607a、707a 下部第 2 クラッド層

607b、707b 上部第 2 クラッド層

108、308、408、608 保護層

111、211、311、411、511、611、711、811 第 1 電流ブロック層

112、212、312、412、512、612 第 2 電流ブロック層

313、613、713 第 2 保護層

121、221、421、721、821 第 3 クラッド層

122、222、322、422、622、722、822 キャップ層

131a、231a、331a、431a、531a、631a、731a メサストライプ部

131b、231b、331b、431b、531b、631b、731b メサストライプ部両側

132、232、332、432、532 活性領域および活性領域近傍側面

632、732 メサストライプ部側面

833 ストライプ溝

834 ストライプ溝側面

835 回折格子

141、241 絶縁膜マスク

651、751 エッチングストップ層

861 第 3 光ガイド層

862 光吸収層

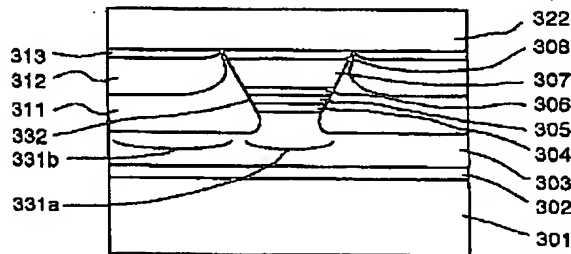
863 第 4 光ガイド層

900 半導体レーザ装置

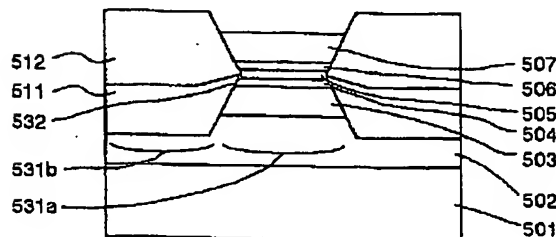
971 低反射膜

972 高反射膜

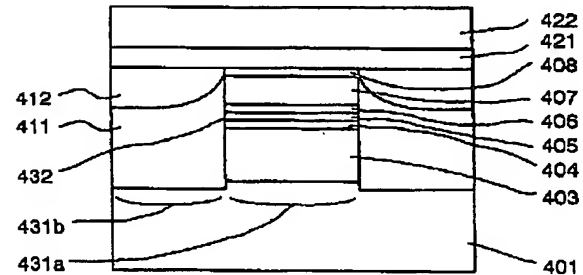
【図 3】



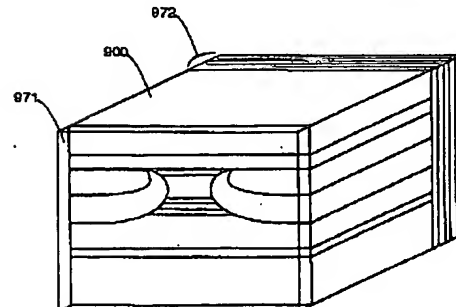
【図 5】



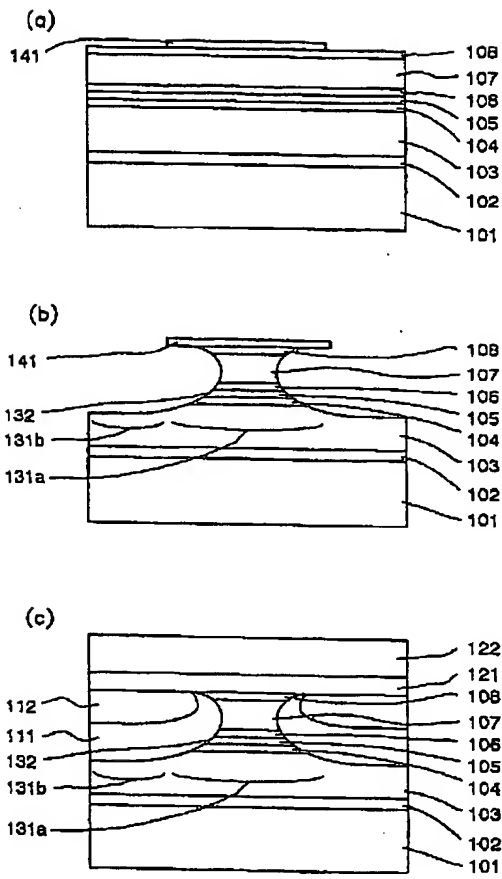
【図 4】



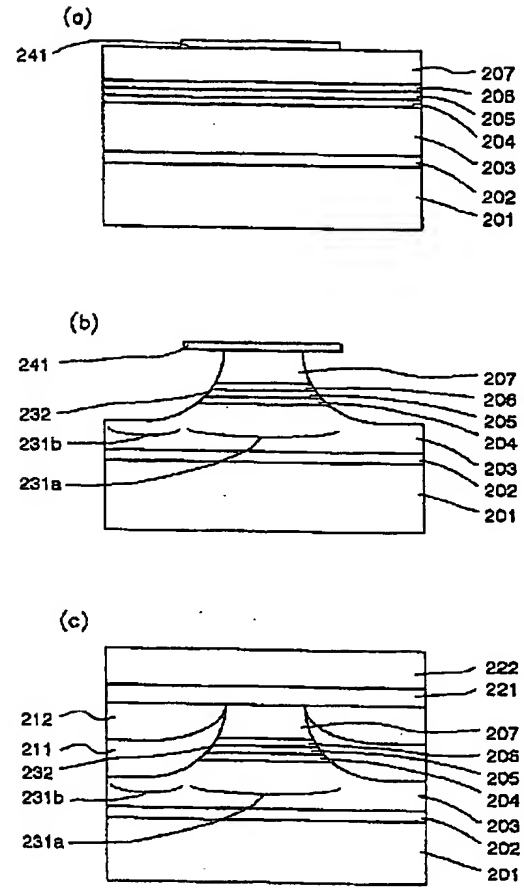
【図 1.2】



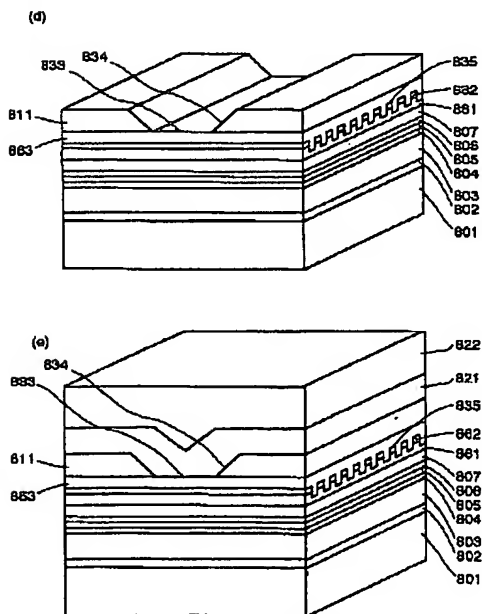
【図 1】



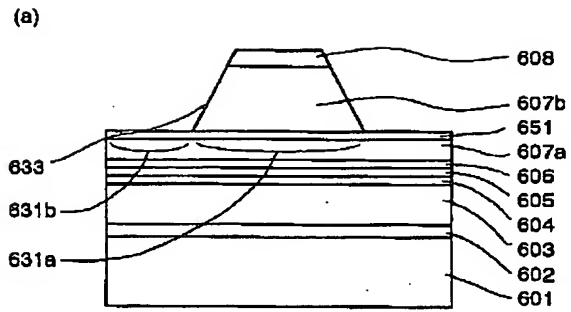
【図 2】



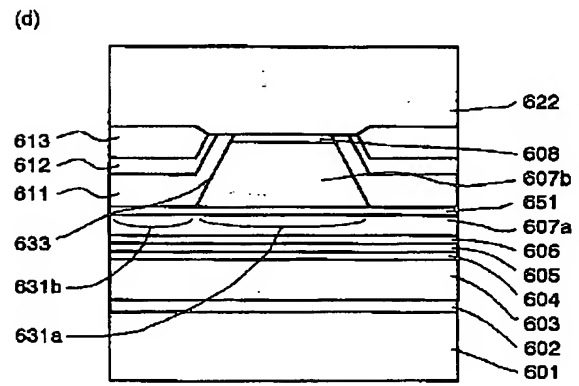
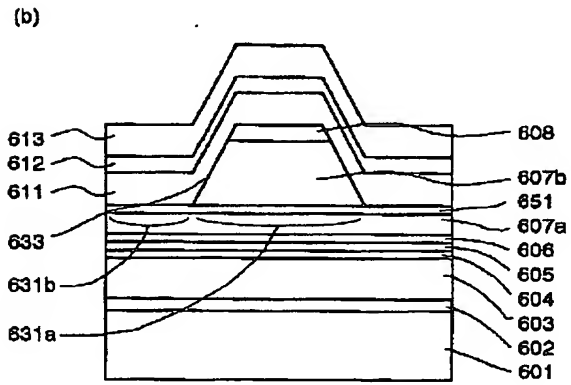
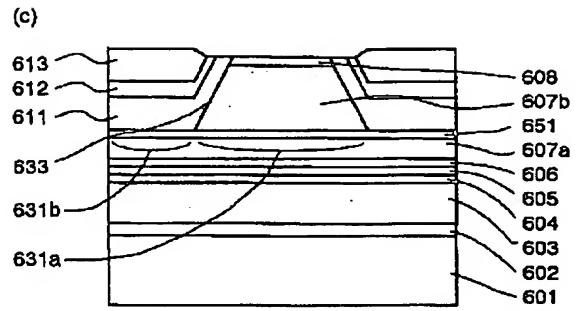
【図 11】



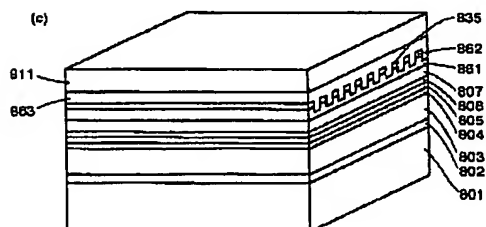
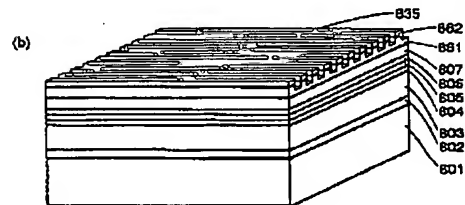
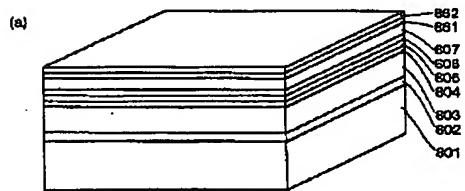
【図 6】



【図 7】

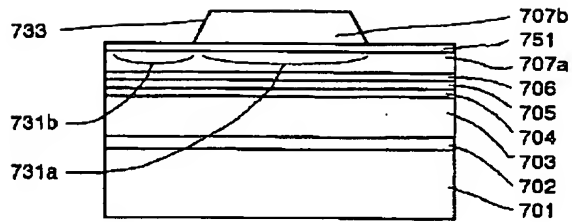


【図 10】



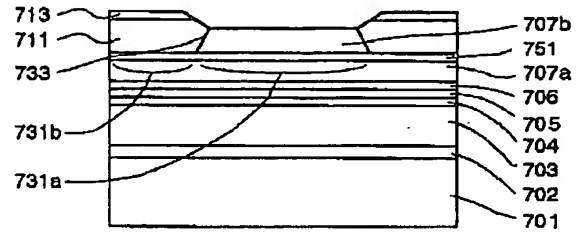
【図 8】

(a)

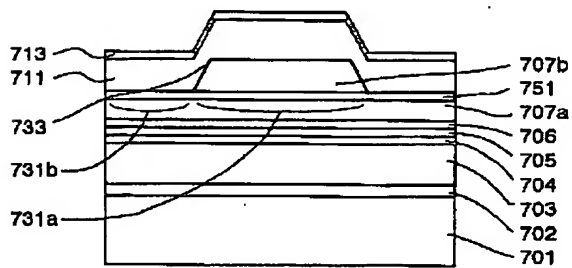


【図 9】

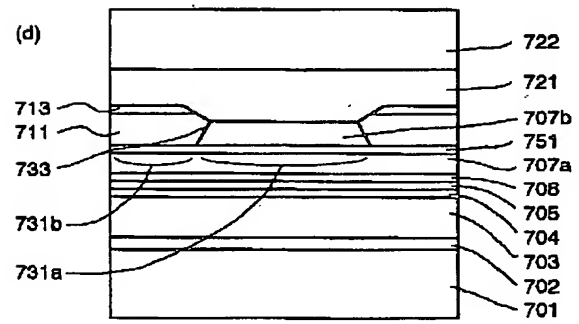
(c)



(b)



(d)



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 S 5/227

H 0 1 L 21/306

B